

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



NÁVRH DVEŘÍ ELEKTROMOBILU

DESIGN OF ELECTRIC CAR DOORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kamil Reichrt

Květen 2013

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Studijní program: B2341 Strojírenství
Obor: 2302R022 Stroje a zařízení
Zaměření: Dopravní stroje a zařízení

NÁVRH DVEŘÍ ELEKTROMOBILU

DESIGN OF ELECTRIC CAR DOORS

Bakalářská práce

KVM – BP – 292

Kamil Reichrt

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Brabec, Ph.D. – TU v Liberci, KVM

Konzultant bakalářské práce: Ing. Martin Bukvic, TU v Liberci, KVM

Počet stran: 42

Počet obrázků: 35

Počet příloh: 2

Počet výkresů: 14

Květen 2013

Místo pro vložení originálního zadání DP (BP)

NÁVRH DVEŘÍ ELEKTROMOBILU

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku mechanismů otevírání dveří automobilů. Cílem této práce je navrhnout konstrukční řešení otevírání dveří na dvoudílný elektromobil eTUL. Součástí práce je popsání možných variant otevírání dveří s následným výběrem nejvhodnějšího řešení pro elektromobil eTUL.

Klíčová slova: dveře, závěs, vertikální otevírání dveří, elektromobil, eTUL

DESIGN OF ELECTRIC CAR DOORS

Annotation

The bachelor thesis is focused on the issues of opening mechanism of car doors. Main goal of this bachelor thesis is designing of doors opening for two-seat electric car eTUL. The part of this work describes possible solutions of doors opening and then selecting of the most suitable solution for the electric car eTUL.

Key words: doors, hinge, vertical doors-opening, electric car, eTUL

Desetinné třídění:

Zpracovatel:

TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů

Dokončeno :

2013

Archivní označení zprávy:

Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V dne

.....
podpis

Poděkování

Tímto chci poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Pavlu Brabcovi, Ph.D., za jeho rady a připomínky v průběhu zpracování této bakalářské práce. Poděkování patří také konzultantovi Ing. Martinu Bukvicovi za pomoc při přípravě bakalářské práce, cenné rady k práci a za jeho čas strávený při konzultacích. V neposlední řadě děkuji svým rodičům a celé rodině za jejich vytrvalou podporu po celou dobu mého studia.

Seznam zkratek

CP CAD program Creo Parametric 2.0

Seznam symbolů a jednotek

g	tíhové zrychlení	$[m \cdot s^{-2}]$
m	hmotnost dveří	$[kg]$
β	úhel plynové vzpěry při otevřených dveřích	$[^{\circ}]$
G	tíha rámu dveří	$[N]$
R_{Ax}, R_{Ay}	reakce v místě A v ose x a y	$[N]$
R_A	výslednice sil R_{Ax} a R_{Ay}	$[N]$
R_B	reakce v místě B	$[N]$
M_A	moment síly k bodu A	$[Nm]$
M_C	moment síly k bodu C	$[Nm]$
d_1	průměr většího (hlavního) čepu	$[mm]$
d_2	průměr menšího čepu	$[mm]$
t_1, t_2	délka stykové plochy čepu (tloušťka plechu spojované součásti)	$[mm]$
x_1	vzdálenost uchycení plynové vzpěry od osy většího čepu	$[mm]$
x_2	vzdálenost těžiště od osy většího čepu	$[mm]$
x_3	vzdálenost působíště R_{Ay} od osy menšího čepu	$[mm]$
x_4	vzdálenost síly F_1 od bodu C	$[mm]$
x_5	vzdálenost síly F_2 od bodu C	$[mm]$
F_1	síla na styku dvou součástí u menšího čepu	$[N]$
F_2	síla zatěžující menší čep	$[N]$
k_p	požadovaná bezpečnost	$[1]$
R_{emin}	mez kluzu	$[MPa]$
τ_{dov}	dovolené napětí ve smyku	$[MPa]$
p_{Dmin}	dovolená hodnota tlaku ve stykových plochách	$[MPa]$
S_1, S_2	průmět opěrné stykové plochy do roviny kolmé ke směru působení zatěžující síly	$[mm^2]$
S_{p1}, S_{p2}	plocha průřezu rovnoběžná ke směru zatěžující síly	$[mm^2]$

F_{s1}, F_{s2}	síla působící rovnoběžně s namáhaným průřezem	[N]
F_{o1}, F_{o2}	síla působící kolmo na namáhaný průřez	[N]
τ_{s1}, τ_{s2}	napětí ve smyku	[MPa]
p_1, p_2	tlak ve stykových plochách	[MPa]
a	vzdálenost těžiště od osy většího čepu	[mm]
b	vzdálenost osy plynové vzpěry od osy většího čepu	[mm]
y	počet plynových vzpěr	[1]
F_z	síla potřebná pro zdvih dveří (zdvihová síla)	[N]

Obsah

1. ÚVOD	10
2. TYPY DVEŘÍ OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ	11
2.1 Typické konstrukční řešení dveří	11
2.1.1 Klasické (konvenční) otevírání do boku	11
2.2 Atypické konstrukční řešení dveří	12
2.2.1 Scissors doors	12
2.2.2 Butterfly doors	13
2.2.3 Suicide doors	14
2.2.4 Sliding doors (Posuvné dveře)	15
2.2.5 Gullwing doors	15
2.3 Novinky a zajímavosti v oblasti konstrukčního řešení mechanismů otevírání dveří automobilů	16
2.3.1 Opel FlexDoors	16
2.3.2 Ford Easy Access Door	17
2.3.3 Řešení společnosti Mazda (automobil Mazda RX-8)	18
3. ELEKTROMOBIL eTUL	19
4. KONCEPČNÍ NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT OTEVÍRÁNÍ DVEŘÍ ELEKTROMOBILU eTUL	20
4.1 Konvenční způsob otevírání	20
4.2 Kombinované dveře	22
4.3 Scissors doors (Lambo style doors)	23
4.4 Shrnutí a výběr ideálního konceptu	25
5. NÁVRH RÁMU DVEŘÍ	27
6. NÁVRH ZÁVĚSU (typ Scissors doors)	29
6.1 Výpočty navrženého konstrukčního řešení	30
6.1.1 Zatížení (výpočty sil) čepů	30
6.1.1.1 Zatížení většího (hlavního) čepu	30
6.1.1.2 Zatížení menšího čepu	32
6.1.2 Pevnostní výpočty	33
6.1.2.1 Kontrola většího čepu	33
6.1.2.2 Kontrola menšího čepu	34



6.2	Volba vhodné plynové vzpěry	35
6.2.1	Výběr vhodného uchycení plynové vzpěry	37
7.	ZÁVĚR	38
	Seznam použité literatury	40
	Seznam příloh	42
	Seznam výkresové dokumentace	42
	Obsah přiloženého CD	42

1. ÚVOD

Dveře jsou nedílnou součástí vozidel. Slouží k uzavření prostoru, v tomto případě prostoru pro posádku, případně zavazadlového prostoru, a proto je na ně kladen nemalý důraz. Typů otevírání dveří vozidel existuje opravdu hodně, což je v první řadě dáno mnoha typy karoserií a pak také samozřejmě tím, zdali jsou to dveře boční či dveře zavazadlového prostoru. Úkolem je ovšem návrh bočních dveří, a proto se budu zabývat dále pouze těmito typy. Z toho také vyplívá nepřehledné množství mechanismů, které jsou součástí dveří.

Úkolem rešeršní části mé bakalářské práce na téma návrh dveří elektromobilu je popsat základní druhy mechanismů otevírání bočních dveří, jejichž návrhem se v další části zabývám. Zaměřím se jednak na výhody, ale i nevýhody různých způsobů mechanismů otevírání (zavírání) dveří osobních vozidel a provedu jejich vyhodnocení. Zmínka padne na novinky v této oblasti a na zajímavosti v konstrukčních řešeních.

Nejdůležitější částí bude výběr nejvhodnějšího způsobu otevírání dveří. Nejprve bude vytvořeno několik koncepčních návrhů pro konkrétní karoserii elektromobilu eTUL, z kterých následně bude vyhodnocena nejvhodnější či nejzajímavější varianta. Následovat bude návrh konkrétního mechanismu otevírání dveří a ověření pevnostními výpočty jeho nejdůležitějších součástí.

Posledním úkolem bude návrh rámu dveří a následné řešení uchycení mechanismu zámku tak, aby celá konstrukce byla použitelná.

2. TYPY DVEŘÍ OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ

Existuje několik základních typů dveří, které se používají u karoserií osobních automobilů. Základní rozdělení tvoří: dveře se svislými závěsy, dveře s vodorovnými závěsy, posouvateľné dveře, dveře s nasazeným okenním rámem, dveře bez okenního rámu, dveře s vyklápěcím oknem a dveře s jednodílným vnitřním a vnějším plechem.

Svislé zavěšení je nejběžněji využívaný způsob řešení uchycení bočních dveří na karoserii, ale uplatnění nachází v některých případech také u dveří pátých (např. SUV či terénní vozy). Takto zavěšené boční dveře mohou být otevírány klasicky do boku (konvenční způsob otevírání dveří) anebo existují atypické způsoby řešení, jako jsou například Scissors doors či Suicide doors.

2.1 Typické konstrukční řešení dveří

Nejrozšířenějším způsobem otevírání dveří automobilu je klasické otevírání do boku, které známe z naprosté většiny dnešních automobilů.

2.1.1 Klasické (konvenční) otevírání do boku

Tento způsob (obr. 1) je velmi jednoduchý, levný na výrobu a zároveň poskytuje vysokou bezpečnost, proto patří k nejrozšířenějším způsobům řešení v dnešní době. Určitou nevýhodou může být obtížnější nastupování a vystupování než v případě jiných ne tolik běžných způsobů zavěšení dveří a také potřeba poměrně velkého bočního prostoru pro jejich otevření.



Obr. 1 Klasické otevírání do boku [3]

2.2 *Atypické konstrukční řešení dveří*

Tyto typy zavěšení dveří nejsou pro většinu továrně vyráběných automobilů příliš běžná, ale několik automobilových závodů je pro svá exotická vozidla využívá. Pro svou častou extravaganci jsou ve světě „tuningu“ automobilů velmi oblíbené.

Představím zde několik základních a nejpoužívanějších atypických konstrukčních řešení otevírání dveří.

2.2.1 Scissors doors

Ačkoliv prvním vozem s tímto typem otevírání dveří byl koncept vozu Alfa Romeo Carabo, dneska se tímto způsobem pyšní vozy Lamborghini, a proto není náhoda, že se těmto dveřím přezdívá často Lamdo style doors či Lamborghini doors. Tento vertikální systém otevírání dveří se liší pouze typy závěsů, jinak závěsy bývají upevněny ve stejných místech na karoserii jako standardní, čehož je využíváno v „tunningu“. Hlavní výhodou je nenáročnost na boční prostor pro vystupování. Naopak, jak je vidět z obrázku pod textem, jsou náročná na výšku. Ovšem hlavní nevýhodou je cena mechanismu zavěšení vyplývající ze složitosti mechanismu pantu.

Existují dva způsoby řešení otevírání těchto dveří. V prvním případě lze dveře otevírat přímo v jednom kroku nahoru (obr. 2).



Obr. 2 Scissors doors (otevírání v jednom kroku) [4]

Ve druhém případě se otevírají dveře ve dvou krocích. Nejprve se dveře otevřou jako klasické do boku podle karoserie od úhlu 5° do 30° (závisí na seřízení dorazů) a potom se pomocí plynové pružiny zdvihnou nahoru (obr. 3).



Obr. 3 Scissors doors (otevírání ve dvou krocích) [5]

2.2.2 Butterfly doors

Tyto dveře jsou podobné jako Scissors doors, ale zatímco Scissors doors se pohybují směrem nahoru, Butterfly doors se pohybují také směrem ven (viz. Obr. 4). Toto řešení usnadňuje vstupování a vystupování do vozidla a zároveň šetří místo okolo vozu, ovšem problémem může být stejně jako u Scissors doors náročnost na prostor nad automobilem. Uplatnění nacházejí u výkonných, často závodních, vozů.



Obr. 4 Butterfly doors [6]

2.2.3 Suicide doors

Anglické označení „Suicide doors“ se do češtiny překládá jako „Sebevražedné dveře“, avšak lepším označením je „Protisměrné dveře“. Tyto dveře mají panty (závěsy) umístěny vzadu. Z historického hlediska jsou takto řešené dveře známy dlouhou dobu, ale jak už z názvu vypovídá, hlavním důvodem menšího podílu na trhu je bezpečnost při jízdě. Otevření těchto dveří při jízdě je v dnešních automobilech téměř nereálné. Důvodem jsou sofistikovaná elektronická ale i mechanická konstrukční řešení, která otevření za jízdy znemožňují, ale zároveň nebrání otevření v případě nehody.

V posledních letech se k tomuto systému vrací několik automobilových značek, které využívají tohoto zavěšení buď na zadních dveřích upevněných na C-sloupku, kde zabezpečení proti otevření za jízdy často spočívá v nutnosti nejprve otevřít přední dveře, nebo i na předních dveřích upevněných na B-sloupku, které lze vidět například u automobilů značky Rolls-Royce.

Hlavní výhodou je snadnější a také přirozenější nastupování a vystupování. Pokud je tento způsob použitý na zadním páru dveří, je tak obvykle vytvořen větší nástupní profil, protože kolem B-sloupku bývá střecha vyšší než vzadu u C-sloupku.

Naopak hlavní nevýhodou je obtížné nastupování a vystupování posádky v jeden okamžik sedící na jedné straně, jestliže je konstrukce použita na zadním páru dveří a první pár se otevírá klasicky do boku. Uchycení druhého páru dveří vzadu znamená designovou komplikaci, což je zapříčiněno umístěním závěsů. Další nevýhodou je otázka řešení zabezpečení, jak je zmíněno výše.



Obr. 5 Suicide doors [7]

2.2.4 Sliding doors (Posuvné dveře)

Jak z názvu dveří vyplívá, jedná se o dveře otevírané posunutím po kolejničích. Využití nacházejí jednak u vozidel užitkových a to z důvodu snadného přístupu do vozidla, ale dnes se s tímto konstrukčním řešením můžeme setkat také u obyčejných osobních automobilů většinou tedy těch větších, typu karoserie MPV, kde mají usnadnit přístup na zadní sedadla vozidla a to i v úzkých prostorech.



Obr. 6 Posuvné dveře (Volkswagen Sharan) [8]

2.2.5 Gullwing doors

Český překlad zní racčí dveře. Prvním vozidlem, na kterém bylo možné tento způsob otevírání dveří spatřit, byl Mercedes 300SL, který se díky těmto revolučním výklopným dveřím proslavil.

Takto řešené dveře jsou zavěšeny na střeše a otevírají se společně s částí střechy pohybem nahoru, čímž vzniká větší vstupní otvor. Právě pohyb při otevírání připomíná pohyb křídel racka.

Hlavním důvodem použití této koncepce je její stylovost, ale neméně důležitá je i praktičnost při parkování v úzkých parkovacích prostorech a komfortní prostor pro nastupování. Nevýhodou je složitější řešení střechy automobilu a hlavně celková bezpečnost při případné autonehodě. Z koncepce také vyplívá náročnost na prostor nad vozidlem, kdy může nastat problém v nízkých prostorech.

SLS AMG
MERCEDES-AMG.COM

Obr. 7 Gullwing doors (typický představitel Mercedes SLS AMG) [9]

2.3 Novinky a zajímavosti v oblasti konstrukčního řešení mechanismů otevírání dveří automobilů

2.3.1 Opel FlexDoors

Opel poprvé představil tento systém otevírání dveří na automobilu Opel Meriva. Kombinací použití předních konvenčních dveří a zadních protisměrných dveří při současném zachování B sloupku se vyhnul Opel ztrátě torzní tuhosti karoserie a zachována je i bezpečnost při bočním nárazu. Hlavní výhodou je snadnější nastupování na zadní sedadla. Další výhodou tohoto systému je, že otevření zadních dveří není podmíněno současným otevřením předních dveří (pozn. ne jako v případě použití na kupé Mazda RX-8 s podmíněným otevřením předních dveří). Nevýhodou může být obtížnější nastupování na přední sedadlo a zadní sedadlo v jeden okamžik, kdy se pasažéři mohou jeden druhému plést.



Obr. 8 Opel FlexDoors [10]

2.3.2 Ford Easy Access Door

Toto řešení bylo představeno společností Ford na autosalonu Ženeva 2012 na automobilu s názvem B-MAX. Konvenční přední dveře jsou zde kombinovány s posuvnými zadními dveřmi a jejich unikátnost tkví v absenci B-sloupku. Tím vzniká mnohem větší vstupní prostor na zadní sedadla. Z důvodu zachování celkové torzní tuhosti vozidla a odolnosti vozidla vůči bočnímu nárazu museli konstruktéři integrovat nosné středové B-sloupky právě do zadních posuvných dveří.



Obr. 9 Ford Easy Acces door [11]

2.3.3 Řešení společnosti Mazda (automobil Mazda RX-8)

Na první pohled při zavřených dveřích vypadá Mazda RX-8 jako třídveřový sedan, jak je tomu běžně v této kategorii, avšak při bližším prozkoumání je jasné, že se jedná o čtyřdveřové kupé. Tato koncepce je řešena proti sobě otevíranými dveřmi. Zároveň se na automobilu nenachází B-Sloup, čímž vzniká po otevření obou dveří dostatečný prostor snadnější nastupování (vystupování) na zadní sedadla využít zadní menší dveře. Zabezpečení proti otevření tkví v nutnosti otevření nejprve předních dveří a po té až zadních. Toto řešení je originální a v použití u sportovních vozů nemá obdoby.



Obr. 10 Mazda RX-8 a její řešení otevírání [12]

3. ELEKTROMOBIL eTUL

Koncept elektromobilu s názvem eTUL představuje moderní městské vozidlo pro dvě osoby, které budou sedět nikoli vedle sebe, ale za sebou. Co se týká základní zástavby elektromobilu, v přední části se nachází mechanické řízení předních kol a prostor pro doplnění agregátu vytápění, popřípadě i klimatizace. Prostor posádky a nákladu je společný.



Obr. 11-12 Dva návrhy možného provedení dveří elektromobilu eTUL [13]

Elektromobil je originální svými rozměry, měl by mít cca 3 m na délku a cca 1,2 m na šířku. Konkrétní otvor dveří má v nejdelším místě okolo 1,5 m na délku a 1 m na výšku.



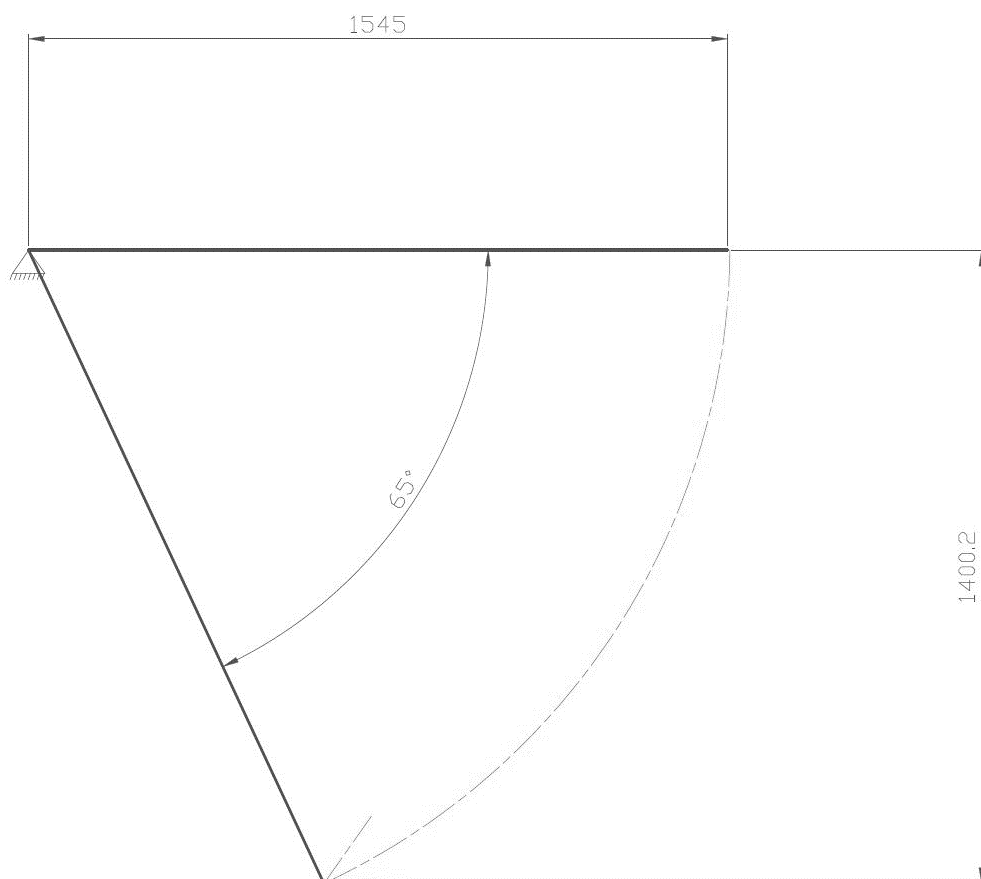
Obr. 13 Pohled ze zadu na návrh elektromobilu eTUL [13]

4. KONCEPČNÍ NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT OTEVÍRÁNÍ DVEŘÍ ELEKTROMOBILU eTUL

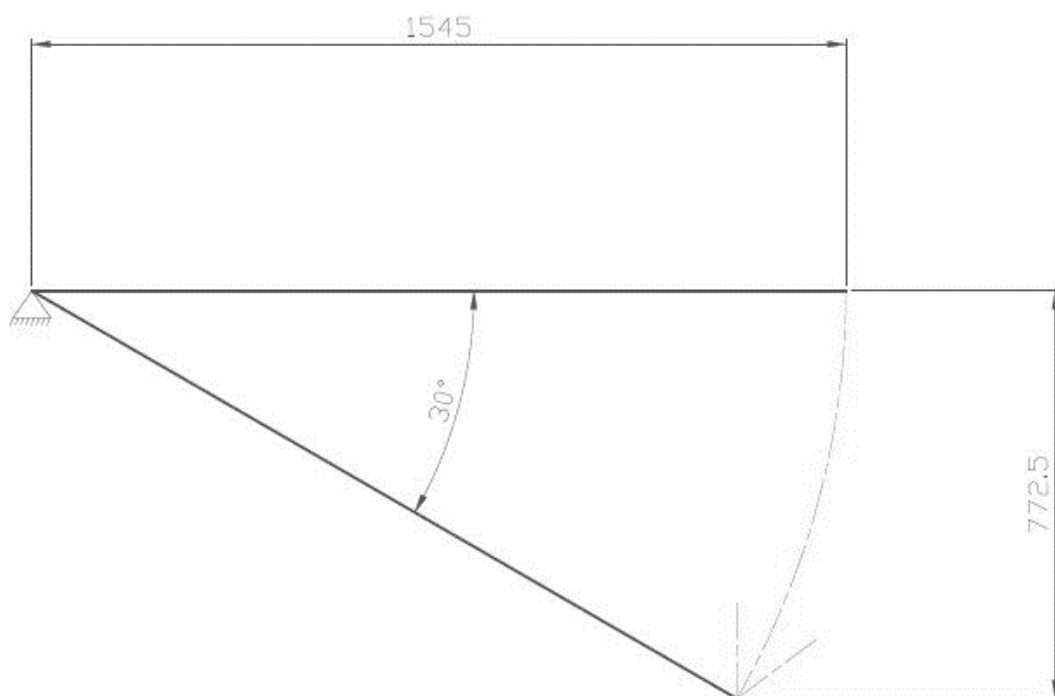
Po konzultaci s vedoucími jsem zjistil, že preferována bude varianta s plnými dveřmi. Pro tuto možnost jsem vytvořil tři návrhy nejvhodnějších možných variant otevírání dveří. Pod každým způsobem otevírání je vytvořena jednoduchá tabulka, kde shrnuji výhody a nevýhody konkrétní varianty. Na konci jsem vytvořil tabulku shrnující veškeré koncepční návrhy, tak abych mohl s ohledem na splnění předem domluvených kritérií týkajících se elektromobilu eTUL vyvodit závěr a vybrat nejvhodnější možnou variantu.

4.1 *Konvenční způsob otevírání*

Abych měl odpovídající hodnoty úhlů otevření dveří, vycházel jsem z naměřených (popř. vypočítaných) hodnot úhlů otevření předních dveří automobilu Škoda Roomster.



Obr. 14 Konvenční otevírání; úplné otevření [vytvořeno autorem]



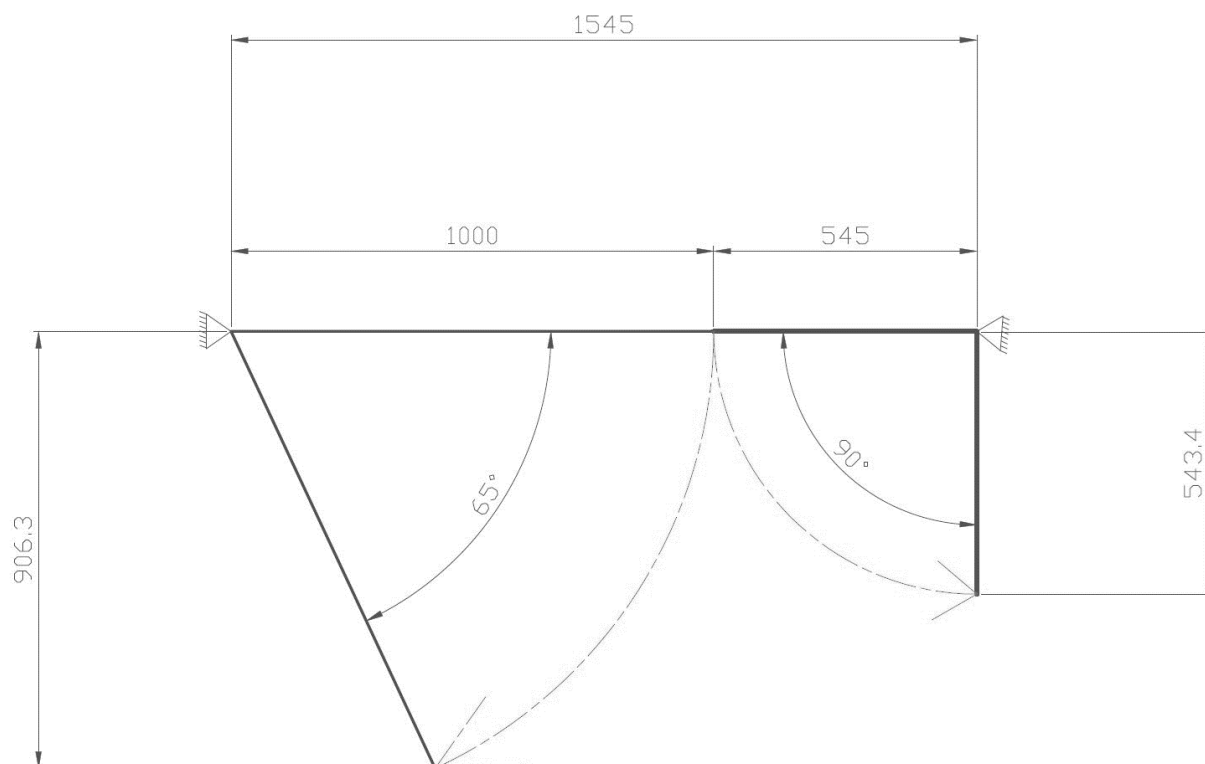
Obr. 15 Konvenční otevírání; otevření, při kterém lze ještě z vozidla vystoupit [vytvořeno autorem]

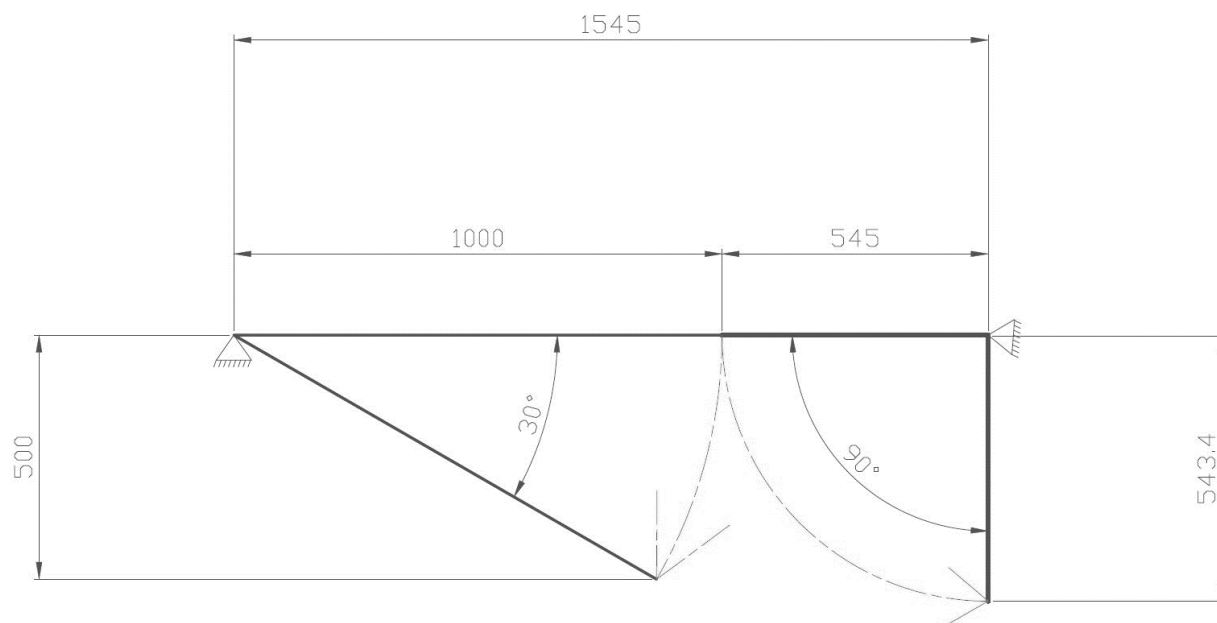
Tab. 1 Konvenční dveře; výhody a nevýhody

	VÝHODY	NEVÝHODY
Konvenční (klasické) otevírání dveří	Levné	Délka dveří
	Nenáročnost na prostor nad vozidlem	Velmi náročné na boční prostor
	Jednoduchost	Nepohodlné na vystupování

4.2 Kombinované dveře

Vycházel jsem z řešení dveří u automobilu Mazda RX-8, to znamená, že se přední dveře otvírají klasicky (konvenční systém otvírání) a zadní dveře se otvírají proti směru jízdy (suicide doors). Není zde použit B-sloupek.

**Obr. 16** Kombinované dveře; při úplném otevření [vytvořeno autorem]



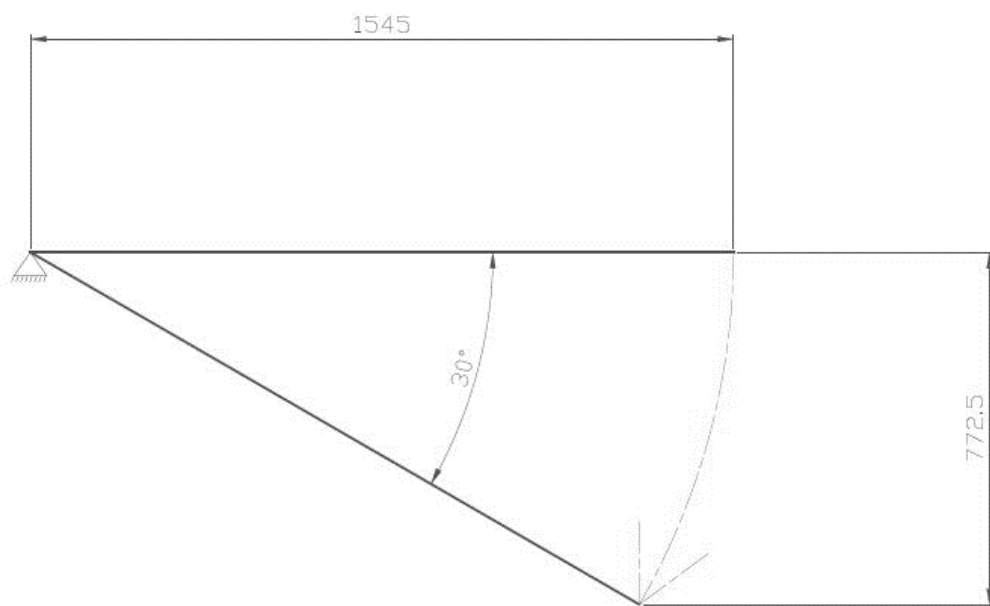
Obr. 17 Kombinované dveře; částečné otevření předních dveří [vytvořeno autorem]

Tab. 2 Kombinované řešení, výhody a nevýhody

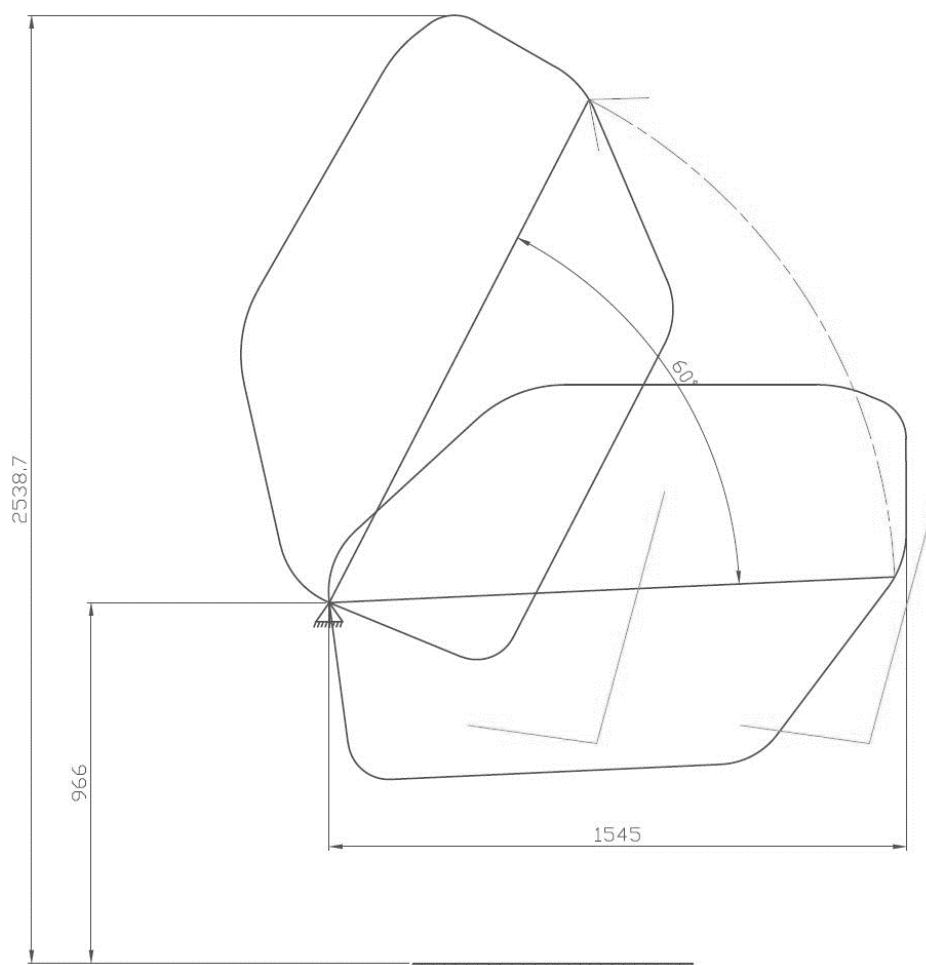
	VÝHODY	NEVÝHODY
Kombinované řešení otevírání dveří	Snadné nastupování	Komplikované řešení uchycení zadních dveří na rámu
	Nenáročnost na boční prostor	Zabezpečení otevření zadních dveří za jízdy
	Nástup na zadní sedadlo	Dražší řešení než v případě otevírání jediných dveří
		Zasahuje do celkového designu vozidla (dělené okno, atd.)

4.3 Scissors doors (Lambo style doors)

Vybral jsem si s ohledem na tvar rámu elektromobilu eTUL řešení s pohybem ve dvou krocích (vysvětleno na str. 12). Tento můj návrh vychází z řešení mechanismu společnosti LSD-Doors a je zajímavý v tom, že je zde možnost otevření dveří pouze do boku (odpadá náročnost na prostor nad vozidlem) díky přesně vypočítané síle plynové pružiny.



Obr. 18 Maximální horizontální (do boku) otevření dveří (může být menší, závisí na seřízení)
[vytvořeno autorem]



Obr. 19 Krajní (maximální) vertikální otevření dveří (může být menší, závisí na seřízení)
[vytvořeno autorem]

Tab. 3 Scissors doors; výhody a nevýhody

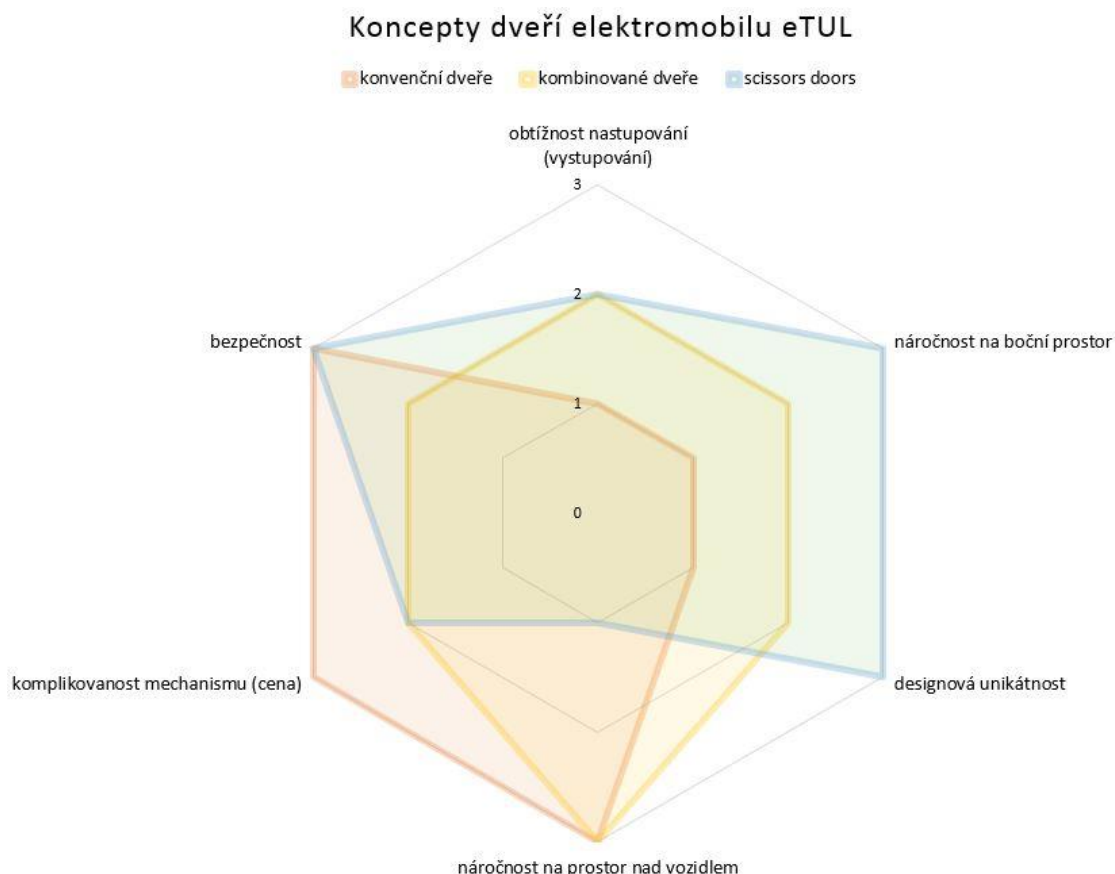
	VÝHODY	NEVÝHODY
Kombinované řešení otevírání dveří	Poměrně snadné nastupování	Komplikovaný mechanismus zavírání
	Nenáročnost na boční prostor	Náročnost na prostor nad vozidlem při otevření nahoru
	Designově zajímavé	Dražší řešení než v případě konvenčních dveří

4.4 Shrnutí a výběr ideálního konceptu

Vyhodnotil jsem několik aspektů, které jsou dle mého názoru jedny z nejdůležitějších při výběru systému otevírání dveří na konkrétní malý elektromobil eTUL. Jednotlivé aspekty jsem ohodnotil buď **kladně** „+“, **neutrálně** „O“ nebo **záporně** „-“. V grafu bylo třeba pracovat s hodnotami, proto záporné hodnocení představuje hladina 1, neutrální hodnocení je hladina 2 a kladné hodnocení je hladina 3. Toto „označkování“ mi pomohlo jednoduše a přehledně vybrat adepta pro finální řešení.

Tab. 4 Shrnutí konceptů

	Konvenční řešení otevírání	Kombinované řešení otevírání	Scissors doors
Obtížnost nastupování (vystupování)	-	O	O
Bezpečnost	+	O	+
Náročnost na boční prostor	-	O	+
Náročnost na prostor nad vozidlem	+	+	-
Designová unikátnost	-	O	+
Komplikovanost mechanismu (Cena)	+	O	+



Obr. 20 Paprskový graf podle tabulky tab. 4 [vytvořeno autorem]

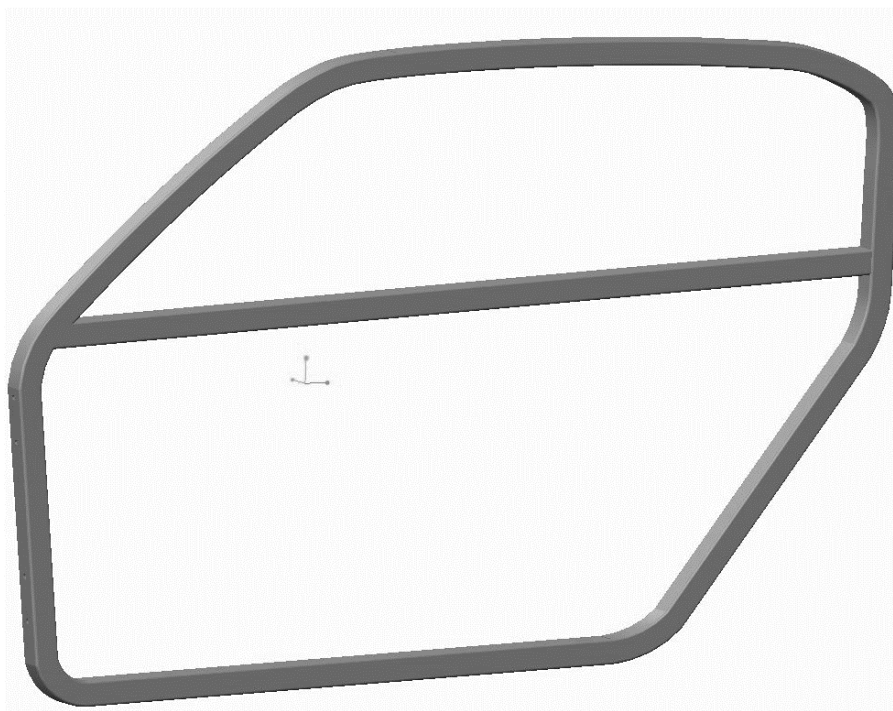
Z tabulky (tab. 4) a grafu (obr. 20) vidíme výsledek. Nelze říci, že by jedna varianta byla jasně nejvhodnější variantou, jelikož každá má své nevýhody. Nejvíce mě však zaujalo řešení Scissors doors. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl tento mechanismus navrhnout. Ovšem systém má podstatnou nevýhodu, která tkví v náročnosti na prostor nad vozidlem. Uvažoval jsem o návrhu zajištění, aby bylo možné dveře otevřít pouze do boku. Nakonec jsem zjistil, že toto vůbec nebude třeba, pokud se síla plynové vzpěry spočítá tak přesně, aby dveře v dolní poloze drželi svou vahou, zároveň však při úplném vertikálním otevření drželi i v horní poloze a k jejich zdvihnutí nebylo potřeba velkého úsilí. Vystupování by však bylo značně obtížné, pokud by byly dveře otevřené pouze cca od 15° do 30° (záleží na seřízení) pouze do boku. Řešení snadnějšího přístupu do vozidla v nízkých prostorách (bez vyklopení dveří v horizontálním směru) by mohlo spočívat v posunutí sedadla řidiče na doraz až po zadní sedadlo, čímž by se prostor pro vystoupení (nastoupení) řidiče značně zvětšil. Přístup na zadní sedadlo by mohl být usnadněn použitím předního sedadla z moderního třídvéřového vozidla. Její princip spočívá v posunu dopředu při současném sklopení opěradla.

5. NÁVRH RÁMU DVEŘÍ

Celý mechanismus dveří se sestává ze závěsu a mechanismu zámku. Samotný zámek je upevněn na dveřích, proto je třeba navrhnout celé dveře. Jelikož elektromobil eTUL bude mít karoserii tvořenou trubkovým rámem, popřípadě tvořeným tenkostěnným profilem čtvercového nebo obdélníkového průřezu, budou mít dveře také rámovou konstrukci. Jako profil byl zvolen tenkostěnný profil čtvercového průřezu, na který se snadněji upevňují případné součásti.

Nejprve byl vytvořen samostatný rám s dírami pro uchycení na navržený závěs. Rám navrhuji vyrobit ze slitiny hliníku na místo běžné oceli z důvodu minimalizování hmotnosti dveří. Samotná hmotnost rámu ze slitiny hliníku po vymodelování vyšla cca 7kg. Pokud by byl rám vyrobený z oceli, hmotnost rámu by se zvýšila cca třikrát na hodnotu okolo 20 kg. Nevýhodou slitiny hliníku by mohla být otázka pevnosti a s tím související bezpečnosti. Jelikož se jedná o návrh prototypu vozidla, bezpečnost není podstatněji řešena.

Zvoleným materiálem, který je nejčastěji používán na profily, je slitina hliníku AlMgSi0,5 s označením dle normy ČSN 42 4401.61. Průřezové rozměry navrženého profilu jsou 40x40x3. Po opláštění a přidání dodatečných mechanismů uvažuji hmotnost potřebnou pro výpočty 15kg.



Obr. 21 Model rámu dveří bez uchycení zámku [vytvořeno autorem]

Dalším krokem bylo rozhodnutí, zda bude použit mechanismus zámku z jiného vozidla nebo bude vytvořen mechanismus zámku přímo pro eTUL. Po domluvě s vedoucím práce bylo rozhodnuto, že bude nejvhodnější a nejsnazší využít mechanismu z jiného vozidla. Rozměry byly naměřeny na automobilu Škoda Superb. Ze změřených hodnot byl vytvořen model, který posloužil pouze ke zjištění vhodného umístění na dveřích eTUL a následné přípravě jeho uchycení. Tento model vidíme na obrázku (obr. 22). Na dalším obrázku (obr. 23) je zachycen již vytvořený model rámu dveří včetně přípravy pro uchycení mechanismu zámku.



Obr. 22 Přibližný model zámku [vytvořeno autorem]



Obr. 23 Model rámu dveří s uchycením zámku [vytvořeno autorem]

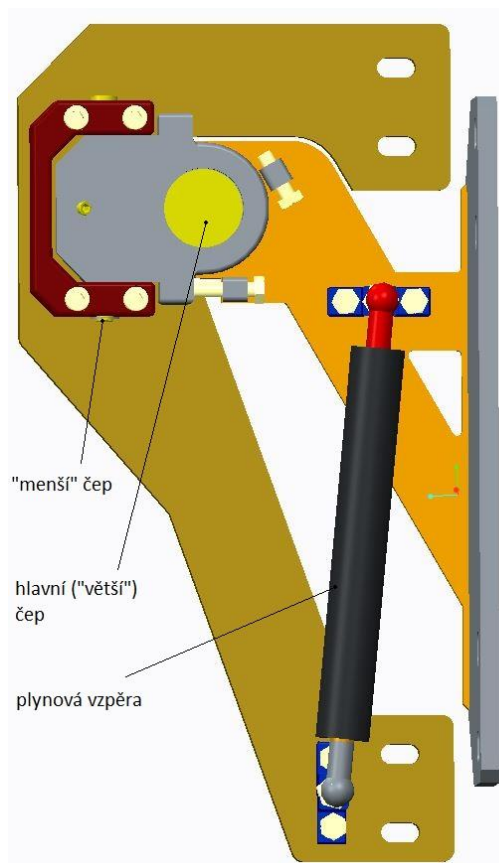
6. NÁVRH ZÁVĚSU (typ Scissors doors)

Při návrhu závěsu (pantu) jsem se nechal inspirovat již osvědčenou koncepcí společnosti LSD-Doors, která se zabývá vývojem takového typu na široký sortiment vozidel.

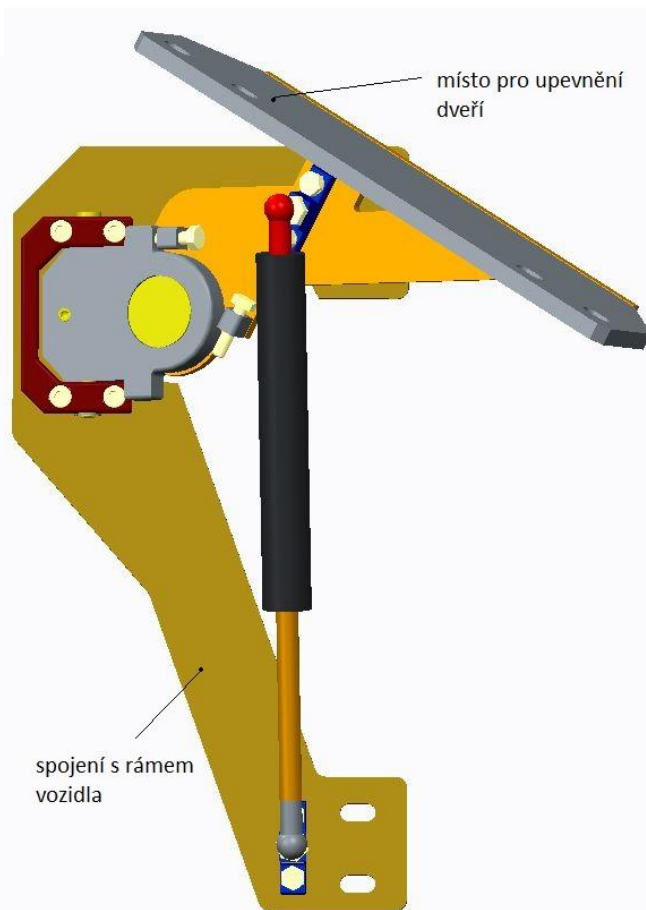


Obr. 24 Závěs společnosti LSD-Doors [14]

Vše je navrženo tak, aby případná výroba byla co nejjednodušší. Maximální úhel otevření dveří v horizontálním směru je 30° a ve vertikálním směru 60° . Úhly bude možné přesně seřídit pomocí dorazů podle zástavby. Rozteče děr a s tím související rozměry celého závěsu jsou s drobnými úpravami vzaty z automobilu Škoda Roomster, ke kterému jsem měl přístup. Univerzální rozměry by mohly být výhodou při případném dalším využití u jiných vozidel.



a) Obr. 25 Navržený závěs
v zavřené poloze



b) Obr. 26 Navržený závěs v úplně
otevřené poloze

6.1 Výpočty navrženého konstrukčního řešení

Z navržené konstrukce vyplývá, že je třeba spočítat u obou čepů reakce v čepu a potom provést pevnostní výpočty, které se skládají z kontroly na otlacení a kontroly na stříh.

6.1.1 Zatížení (výpočty sil) čepů

6.1.1.1 Zatížení většího (hlavního) čepu

Větší čep slouží k vertikálnímu otevření dveří. Největší zatížení čepu je v horní rovnovážné poloze dveří, proto výpočet budu právě pro tuto polohu dveří vztahovat. Pro výpočet je třeba znát hmotnost dveří a polohu těžiště rámu. Tyto hodnoty jsem získal po vymodelování rámu dveří pomocí CAD programu CP. Dále je třeba znát vzdálenost těžiště od čepu a vzdálenost uchycení

plynové vzpěry od čepu, které jsem opět zjistil pomocí CAD programu. Výsledné reakce dostanu z rovnic rovnováhy.

Zadané hodnoty:

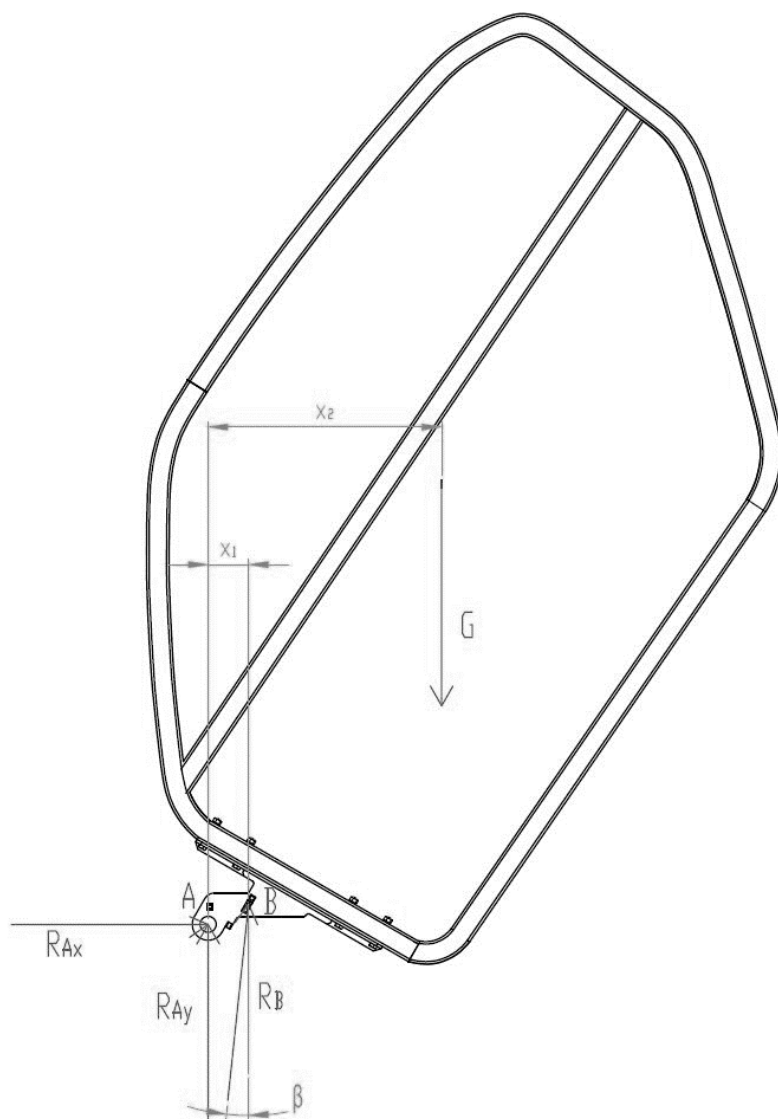
$$x_1 = 66,4 \text{ mm}$$

$$x_2 = 414,7 \text{ mm}$$

$$\beta = 5^\circ$$

$$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$m = 15 \text{ kg}$$



Obr. 27 Schéma zatížení [vytvořeno autorem]

$$\text{Výpočet: } x \rightarrow: R_{Ax} + R_B \cdot \sin\beta = 0 \quad (1)$$

$$y \uparrow: R_{Ay} + R_B \cdot \cos\beta - G = 0 \quad (2)$$

$$\curvearrowright M_A: G \cdot x_2 - R_B \cdot \cos\beta \cdot x_1 = 0 \quad (3)$$

$$G = m \cdot g = 15 \cdot 9,81 = 147,15 \text{ N} \quad (4)$$

$$R_B = G \cdot \frac{x_2}{x_1 \cdot \cos\beta} = 147,15 \cdot \frac{414,7}{66,4 \cdot \cos 5^\circ} = 922,53 \text{ N} \quad (5)$$

$$R_{Ay} = G - R_B \cdot \cos\beta = 147,15 - 922,53 \cdot \cos 5^\circ = -771,87 \text{ N} \quad (6)$$

$$R_{Ax} = -R_B \cdot \sin\beta = -922,53 \cdot \sin 5^\circ = -80,40 \text{ N} \quad (7)$$

Síly R_{Ax} a R_{Ay} vyšly se záporným znaménkem z toho důvodu, že jejich směr je opačný než je směr, který jsem volil ve schématu.

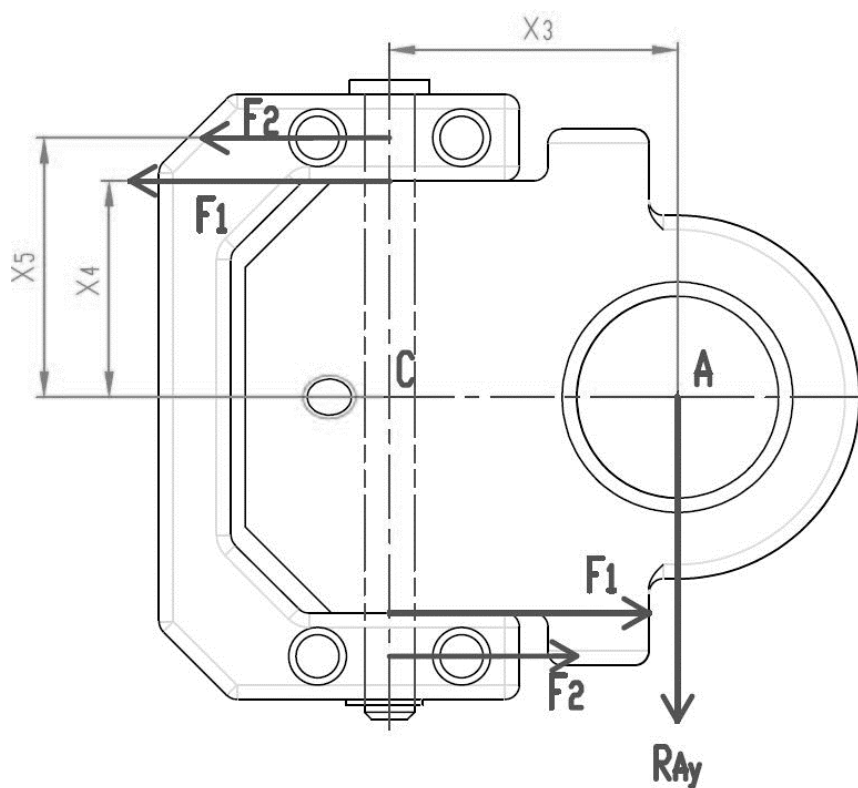
6.1.1.2 Zatížení menšího čepu

Menší čep slouží k horizontálnímu otevření dveří.

Zadané hodnoty: $x_3 = 40 \text{ mm}$

$x_4 = 30 \text{ mm}$

$x_5 = 36 \text{ mm}$



Obr. 28 Schéma zatížení [vytvořeno autorem]

$$\text{Výpočet: } \curvearrowright M_C: R_{Ay} \cdot x_3 = F_1 \cdot 2x_4 = F_2 \cdot 2x_5 \quad (8)$$

$$F_1 = \frac{R_{Ay} \cdot x_3}{2x_4} = \frac{771,87 \cdot 40}{2 \cdot 30} = 514,58 \text{ N} \quad (9)$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot x_4}{x_5} = \frac{514,58 \cdot 30}{36} = 428,82 \text{ N} \quad (10)$$

6.1.2 Pevnostní výpočty

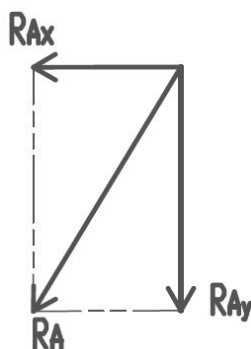
Kontrolovány budou nejvýznamněji namáhané součásti, což jsou čepy. Všechny výpočty jsou počítány pro maximální možné namáhání, kterého lze dosáhnout nastavením pohyblivých částí celého zařízení. Čepy jsou namáhány v obou případech na smyk (střih) a na otláčení.

U kontrolovaných dílů byla volena bezpečnost $k_p=2$ a k výrobě těchto dílů jsem volil ocel 11 600, která vyhovuje mechanickými vlastnostmi, jimiž jsou:

$$\begin{aligned} G &= 8,1 \cdot 10^4 \text{ MPa} \\ R_{emin} &= 325 \text{ MPa} \\ \tau_{dov} &= \frac{R_{emin}}{\sqrt{3} \cdot k_p} = \frac{325}{\sqrt{3} \cdot 2} = 93,819 \text{ MPa} \\ p_{dmin} &= 40 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (11)$$

6.1.2.1 Kontrola většího čepu

6.1.2.1.1 Namáhání na smyk



Zadané hodnoty: $d_1 = 28 \text{ mm}$

Výpočet:

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{80,40^2 + 771,87^2} = 776,05 \text{ N} \quad (12)$$

Obr. 29

Výslednice sil

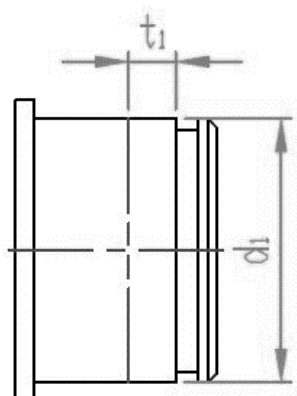
[vytvořeno autorem]

$$\tau_{s1} = \frac{F_{s1}}{S_1} = \frac{4 \cdot R_A}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot 776,05}{\pi \cdot 28^2} = 1,26 \text{ MPa} \quad (13)$$

$$\tau_{s1} \leq \tau_{dov}$$

$$1,26 \text{ MPa} \leq 93,819 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.1.2.1.2 Namáhání na otláčení



Zadané hodnoty: $t_1 = 10 \text{ mm}$
 $d_1 = 28 \text{ mm}$

Výpočet:

$$p_1 = \frac{F_{o1}}{S_{p1}} = \frac{R_A}{d_1 \cdot t_1} = \frac{776,05}{28 \cdot 10} = 2,77 \text{ MPa} \quad (14)$$

$$p_1 \leq p_{Dmin}$$

$$2,77 \text{ MPa} \leq 40 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Obr. 30 Rozměry většího čepu [vytvořeno autorem]

6.1.2.2 Kontrola menšího čepu

6.1.2.2.1 Namáhání na smyk (střih)

Zadané hodnoty: $d_2 = 7 \text{ mm}$

Výpočet:

Čep namáhán ve dvou průřezech =>

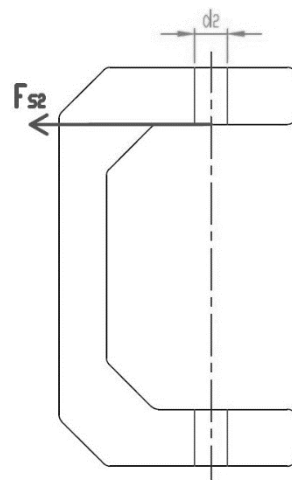
$$\tau_{s2} = \frac{F_{s2}}{2 \cdot S_2}$$

$$F_{s2} = F_1 + R_{Ax}$$

$$\tau_{s2} = \frac{4 \cdot (F_1 + R_{Ax})}{2 \cdot \pi \cdot d_2^2} = \frac{4 \cdot (514,58 + 80,40)}{2 \cdot \pi \cdot 7^2} = 7,732 \text{ MPa} \quad (15)$$

$$\tau_{s2} \leq \tau_{dov}$$

$$7,732 \text{ MPa} \leq 93,819 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obr. 31 Namáhání na smyk [vytvořeno autorem]

6.1.2.2.2 Namáhání na otláčení

Zadané hodnoty: $t_2 = 14 \text{ mm}$
 $d_2 = 7 \text{ mm}$

Výpočet:

Čep namáhán ve dvou průřezech =>

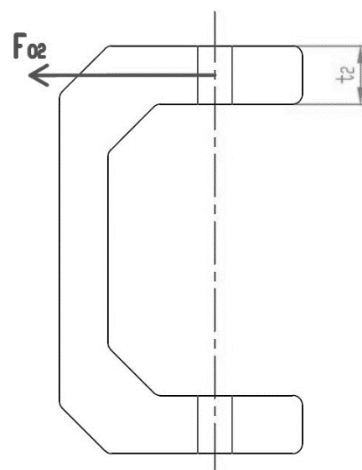
$$\Rightarrow p_2 = \frac{F_{o2}}{2 \cdot S_{p2}}$$

$$F_{o2} = F_2 + R_{Ax}$$

$$p_2 = \frac{F_2 + R_{Ax}}{2 \cdot d_2 \cdot l_2} = \frac{428,82 + 80,40}{2 \cdot 7 \cdot 14} = 2,598 \text{ MPa}$$

$$p_2 \leq p_{Dmin}$$

$$2,598 \text{ MPa} \leq 40 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obr. 32 Namáhání na otláčení
[vytvořeno autorem]

(16)

6.2 Volba vhodné plynové vzpěry

Plynová vzpěra je nedílnou součástí celého navrženého mechanismu. Slouží k usnadnění otevření ve vertikálním směru a držení dveří v maximální vertikální poloze. Důležité je věnovat pozornost volbě vhodné plynové vzpěry nejen z předešlých důvodů, ale také z důvodu použitelnosti celého mechanismu při parkování v místech s nízkým stropem, kdy není žádoucí vertikální otevření dveří, ale pouze horizontální.

Vhodnou plynovou vzpěru jsem vybíral z nabídky společnosti MONTAKO. Důležité byly samozřejmě žádané parametry, jaké jsou její požadovaná vysouvací síla, zdvih a její celkové rozměry, které musí být vhodné pro zástavbu.

Abych zvolil nejvhodnější variantu, nejprve jsem spočítal sílu potřebnou pro zdvih, tak aby dveře v horní poloze drželi. Při výpočtu bylo vycházeno ze vzorce poskytovaného společností MONTAKO.

Zadané hodnoty:

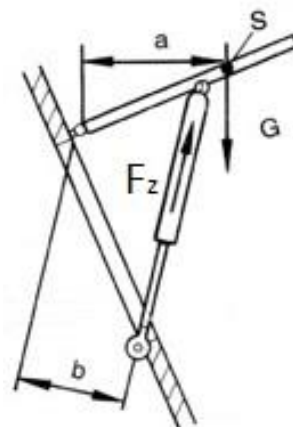
$$m = 15 \text{ kg}$$

$$a = x_2 = 414,7 \text{ mm}$$

$$b = 63,1 \text{ mm}$$

$$y = 1 \dots \text{počet vzpěr}$$

$$11 \dots \text{koeficient kg-N + jištění}$$



Obr. 33 Schéma zatížení [16]

Výpočet:

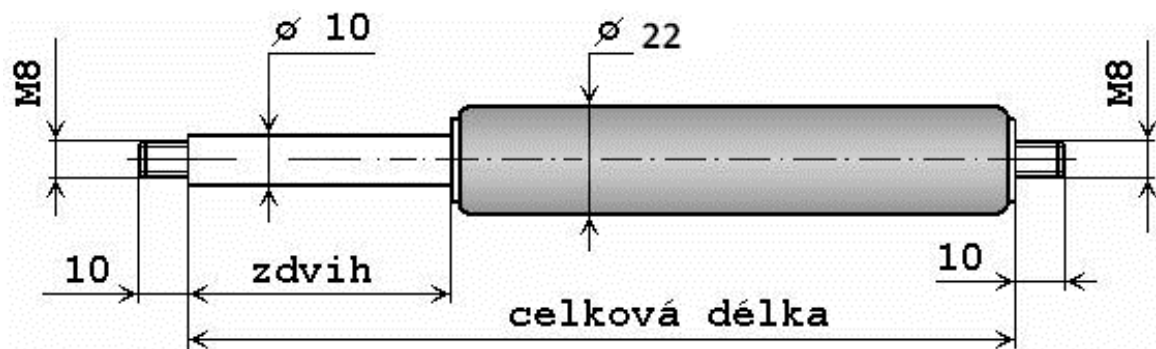
$$F_z = \frac{m \cdot a \cdot 11}{y \cdot b} \quad (17)$$

$$F_z = \frac{m \cdot a \cdot 11}{b} = \frac{15 \cdot 414,7 \cdot 11}{63,1} = 1084,4 \text{ N} \quad (18)$$

⇒ volím: PLYNOVÁ VZPĚRA 33100 (typ: GF 10/22)

Tab. 5 Tabulka s parametry zvolené plynové vzpěry [15]

Katalogové označení	Zdvih [mm]	Celková délka [mm]	Minimální síla [N]	Maximální síla [N]
Plynová pružina 33100	100	260	200	1200



Obr. 34 Rozměry vybrané plynové vzpěry [16]

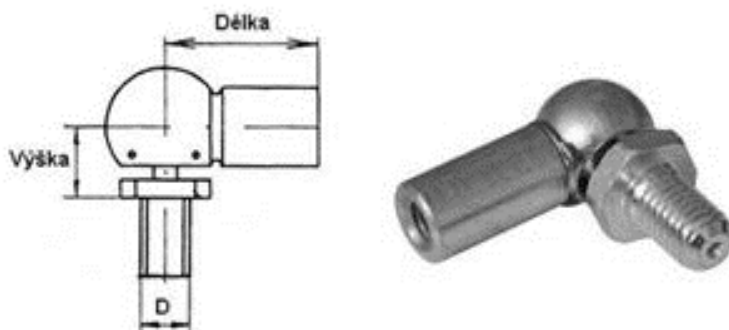
6.2.1 Výběr vhodného uchycení plynové vzpěry

K plynové vzpěře bylo třeba zvolit její uchycení. Na výběr bylo několik možností, avšak nejvhodnější z důvodu více směrného pohybu se ukázala volba kulových kloubů.

Zvolil jsem uchycení obou konců plynové vzpěry pomocí kulových kloubů opět od firmy MONTAKO. Konkrétní součást lze najít pod katalogovým označením Kulový kloub M8 280.929.

Tab. 6 Tabulka s parametry zvoleného uchycení [15]

Katalogové označení	D	Délka [mm]	Technický popis	Výška [mm]
Kulový Kloub 280.929	M8	20	WG CS 13x20-M8/M8	13



Obr. 35 Vybraný kulový čep [16]

7. ZÁVĚR

Úkolem této bakalářské práce bylo vytvoření návrhu dveří elektromobilu eTUL pro dvě osoby sedící za sebou. Nejdůležitější součástí dveří jsou jejich závěsy, a proto je o nich pojednáváno v rešeršní části, kde jednotlivé způsoby řešení představují a popisují. Jednotlivé mechanismy jsou rozděleny na typické a atypické. Ačkoliv mnohá atypická řešení se dočkala pouze představení v podobě prototypů, je jich zde i tak velké množství, které jsou dnes běžně používány, ač hlavně na dražších automobilech. Určitým důvodem používání nových a neokoukaných způsobů tkví samozřejmě v jejich originalitě. Na sériových automobilech se s nimi setkáváme zřídka kdy, jelikož jejich výroba je nákladná. Některé mechanismy našly uplatnění, ale konvenční mechanismus otevírání kvůli jeho jednoduchosti určitě v dohledné době masově nevytlačí.

Pro představu, jak by měl elektromobil eTUL vypadat, je věnována jedna kapitola stručnému představení jeho designového návrhu.

Hlavním cílem je návrh dveří elektromobilu eTUL, proto je tomuto problému věnována značná část práce. Problémem se zdály být rozměry dveří, a to zvláště jejich délka, která činí 1,5 m při celkové šířce elektromobilu okolo 1,2 m. Samozřejmostí bylo vytvoření několika možných konceptů mechanismů otevírání. Následně proběhlo jejich vyhodnocení tak, aby bylo možné vybrat co možná nejvhodnější variantu. Po vyhodnocení byla vybrána varianta mechanismu scissors doors, která je velmi zajímavá a nabízí několik výhod v podobě potřeby menšího bočního prostoru pro otevření a s tím souvisejícího snadnějšího nastupování (vystupování). Jelikož bez zásahů do koncepčního designového návrhu celého elektromobilu nemohlo být použito řešení s vyklopením pouze ve vertikálním směru, bylo vybráno způsobu s menším otevřením v horizontálním směru, čímž se tento problém eliminoval. Tento způsob řešení vede k další výhodě, za kterou lze považovat možné otevření pouze v horizontálním směru například v prostorách s nízkým stropem, což je jedním z nevýhod běžných scissors doors. Úhel otevření v horizontálním směru není příliš veliký a vystupování řidiče by tak mohlo být dost obtížné, ale toto by mohlo být ošetřeno posunutím sedadla řidiče co nejvíce dozadu, čímž by vznikl větší prostor. Pomocí při zdvihu dveří do maximální vertikální polohy a následné držení v této

rovnovážné poloze má za úkol plynová vzpěra, která byla vybrána včetně kloubových čepů sloužícím k upevnění od firmy MONTAKO.

Dále je řešen návrh samotných dveří a s ním i uchycení mechanismu zámku. Dveře budou stejně jako celá karoserie rámové. Rám je tvořen tenkostěnným profilem čtvercového průřezu. Materiál zvolený pro výrobu rámu je slitina hliníku, takže jeho hmotnost činí pouze okolo 7 kg. Zámek bude použit po dlouhém rozhodování z některého z automobilů Škoda, a tak je na takový mechanismus uzpůsobeno celé uchycení.

Poslední část bakalářské práce je věnována návrhu závěsu. K navržené konstrukci jsou zpracovány výpočty dvou nejpodstatnějších součástí mechanismu pantu, jimiž jsou dva čepy. Byla provedena jejich kontrola na střih a na otlačení. Všechny výsledky vyšly jako vyhovující. Hmotnost dveří (rámu plus mechanismu zamykání) potřebná pro výpočet byla vypočítána pomocí CAD programu a byla značně menší než zvolená při výpočtu. Zvolena byla vyšší hmotnost z důvodu počítání s budoucím příbytkem hmotnosti v podobě dalších dílů a mechanismů připevněných na rámu dveří. Z výpočtů lze snadno vidět, že součásti jsou předimenzovány, takže na základě výpočtů by bylo možné případně provést optimalizaci použitých materiálů a tím minimalizovat potřebné výrobní náklady.

Navržené řešení bude možné využít při výrobě dveří elektromobilu eTUL. Jediným problémem by mohla být případná kolize rohu dveří (roh nad uchycením závěsu ke dveřím) při vertikálním vyklopení. Problém nebylo možné zcela vyloučit z důvodu neznámosti finální podoby celého rámu vozidla. Možným řešením by bylo posunutí uchycení závěsu k rámu vozidla vzhledem k rámu dveří do vyšší polohy. Na toto bude třeba dbát při kompletaci elektromobilu. Případně ošetření tohoto problému by bylo až na samotném prototypu.

Seznam použité literatury

1. Vlček, F.: Karoserie motorových vozidel. Kniha, Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2000
2. Apetaur, M., Šimon, P.: Basic Mechanics of Car-Body Design, Skriptum ČVUT, Praha 2010
3. Zdroj obrázku konvenčních dveří. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: http://portal.extshop.eu/forum/viewthread.php?thread_id=2843
4. Zdroj obrázku Scissors doors. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: <http://www.modernracer.com/memfeatures/carcutaways/lamborghinimurcielagoinsidesthumb.jpg>
5. Scissors doors (funkce LSD doors). [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: <http://www.lsd-doors.de/uk/functionality.php>
6. Zdroj obrázku Butterfly doors. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: <http://www.bornrich.com/mclaren-f3.html>
7. Zdroj obrázku Suicide doors. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: http://www.slate.com/blogs/browbeat/2012/01/09/why_kanye_west_jay_z_and_other_hip_hop_artists_rap_about_suicide_doors.html
8. Zdroj obrázku Sliding doors. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: <http://www.autembezpecne.cz/cz/s40/c1437-Zpravy/n1936-Auta-zamerena-na-prostor-v-Zeneve-Hitem-se-stavaji-zadni>
9. SLS AMG Gullwing doors. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: <http://the-grayline.com/2010/07/09/mercedes-sls-amg-sexy-performance/sls-amg-gullwing-doors/>
10. Systém dveří Opel FlexDoors. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: <http://cs.autolexicon.net/articles/opel-flexdoors/>
11. Systém dveří Ford Easy Access Doors. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: <http://cs.autolexicon.net/articles/easy-access-door/>
12. Dveře automobilu Mazda RX-8. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: <http://mazda.katalog-automobilu.cz/automobil/mazda-rx-8-141kw>
13. Pilvousek, L.: Elektromobil pro dvě osoby, DP, TUL, Liberec 2012
14. Závěs dveří LSD doors. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: <http://www.tuvei.com/kia-proceed-lsd-doors>

15. Vertikální otvírání dveří od firmy LSD-DOORS. [online]. [cit. 2013-04-20].
Dostupné na: http://www.tuning.sk/dokument-vertical_lsd_doors_tuning
16. Internetový obchod firmy MONTAKO. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na:
<http://www.montako.cz/kategorie/plynove-vzpery-gf-1022.aspx>
17. Hroch, J.: Návrh a výroba závěsů pro vertikální posuv dveří, BP, VUT, Brno 2012, Dostupné na:
<https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/13182/bakalarka.pdf?sequence=1>
18. Gullwing doors (Mercedes SLS AMG). [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na:
http://auto.idnes.cz/racek-dostal-druha-kridla-mercedes-chysta-ctyrdverovy-supersportak-1iz-/ak_aktual.aspx?c=A120225_042225_ak_aktual_ada
19. Systém dveří Ford Easy Access Doors. [online]. [cit. 2013-04-20]. Dostupné na: http://auto.idnes.cz/dvere-po-kterych-vsichni-touzi-vyvil-ford-tri-roky-p0t-/ak_aktual.aspx?c=A120216_231436_ak_aktual_fdv

Seznam příloh

Příloha P1: Model dveří elektromobilu eTUL

Příloha P2: Pohledy na dveře s rámem elektromobilu eTUL

Seznam výkresové dokumentace

Číslo přiložených výkresů:

A1 – KVM – BP – 292 – 00

A1 – KVM – BP – 292 – 01

A1 – KVM – BP – 292 – 02

A2 – KVM – BP – 292 – 03

A3 – KVM – BP – 292 – 04

A3 – KVM – BP – 292 – 05

A2 – KVM – BP – 292 – 06

A4 – KVM – BP – 292 – 07

A4 – KVM – BP – 292 – 08

A4 – KVM – BP – 292 – 09

A4 – KVM – BP – 292 – 10

A3 – KVM – BP – 292 – 11

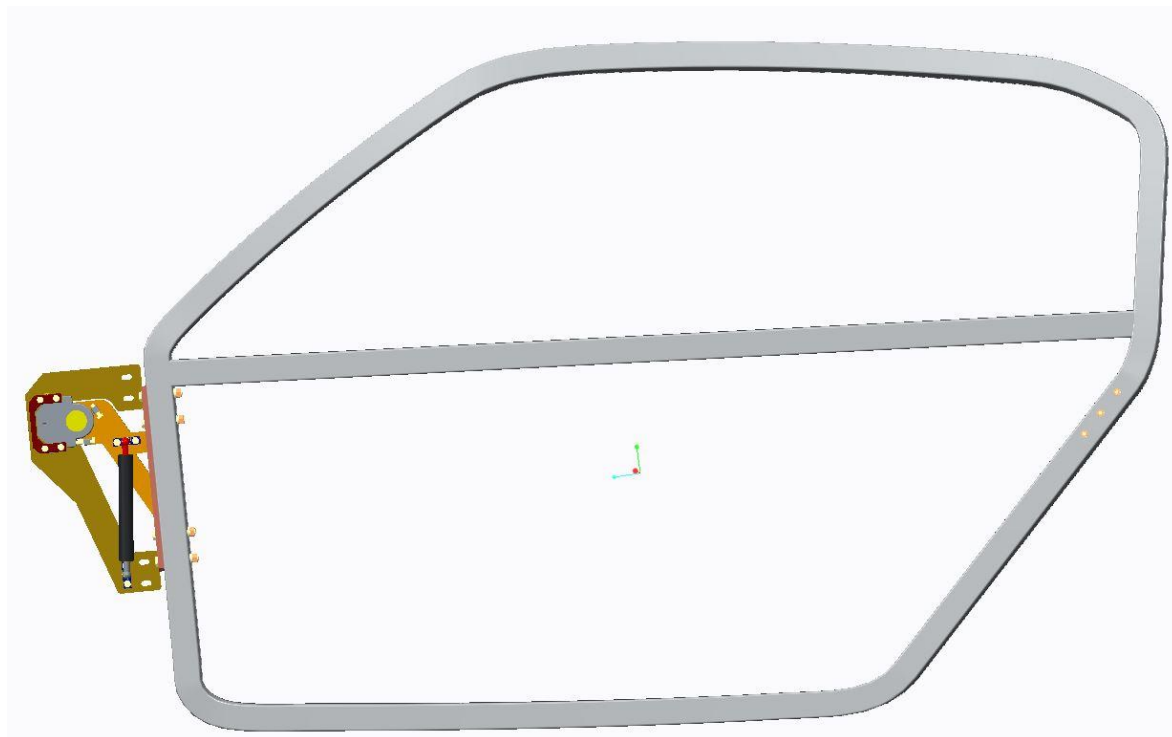
A2 – KVM – BP – 292 – 12

A4 – KVM – BP – 292 – 13

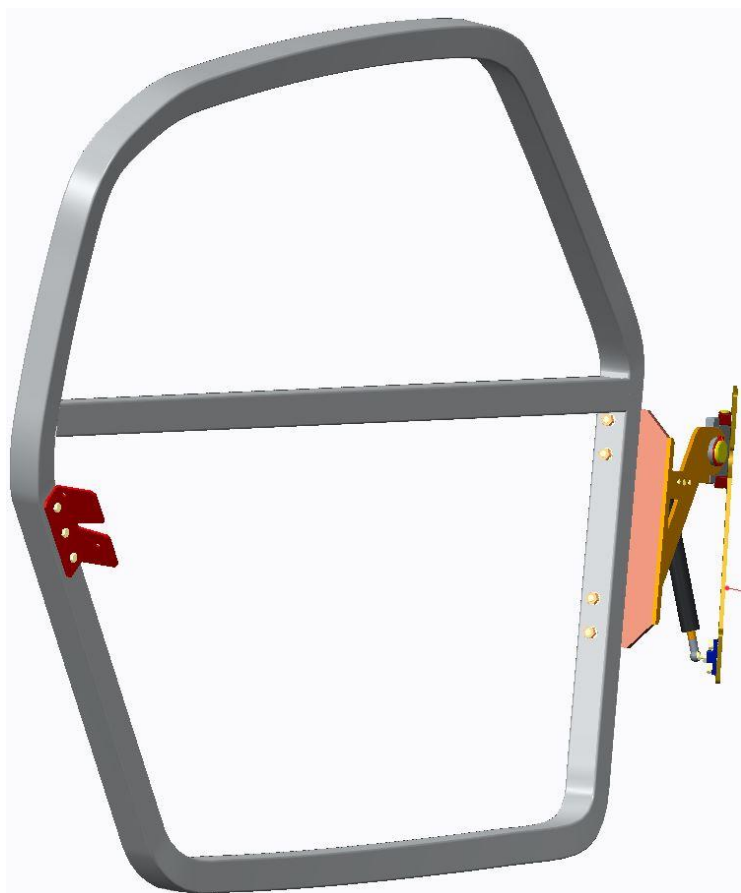
Obsah přiloženého CD

Složka	Obsah	formát souborů
[TEXT]	Text bakalářské práce s přílohami	(.pdf)
[VÝKRESY]	Kompletní výkresová dokumentace	(.pdf)
[CAD DATA]	Vytvořené modely	(.step, .prt)
[OBRÁZKY]	Obrázky použité v práci	(.jpeg)

Příloha P1



a) Kompletně zavřené dveře

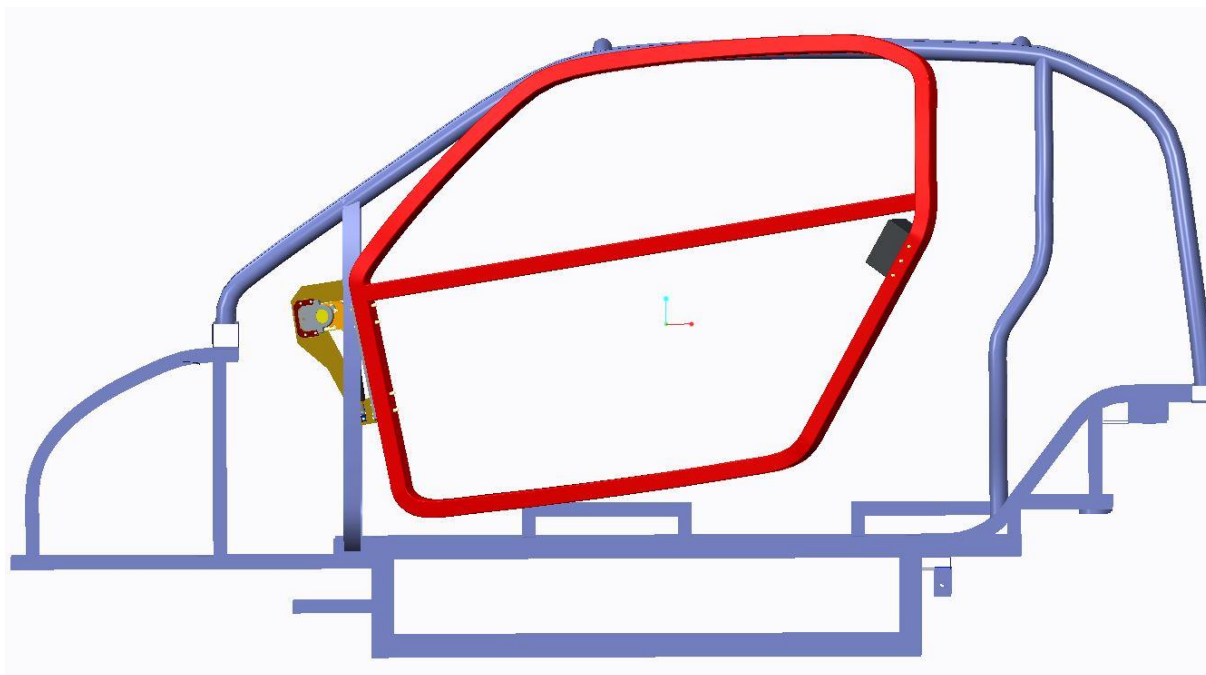


*b) Horizontálně otevřené dveře
(v maximální horizontální
poloze)*

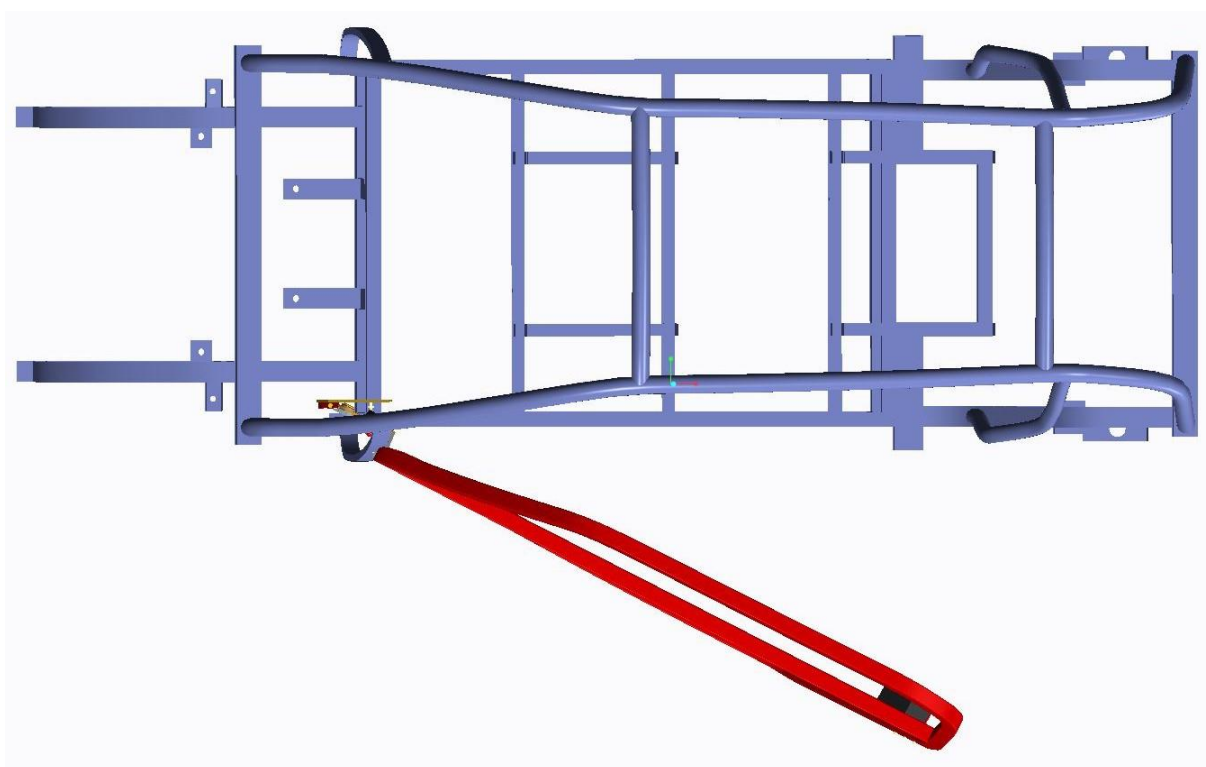


*c) Kompletně otevřené dveře
(v maximální horizontální i
vertikální poloze)*

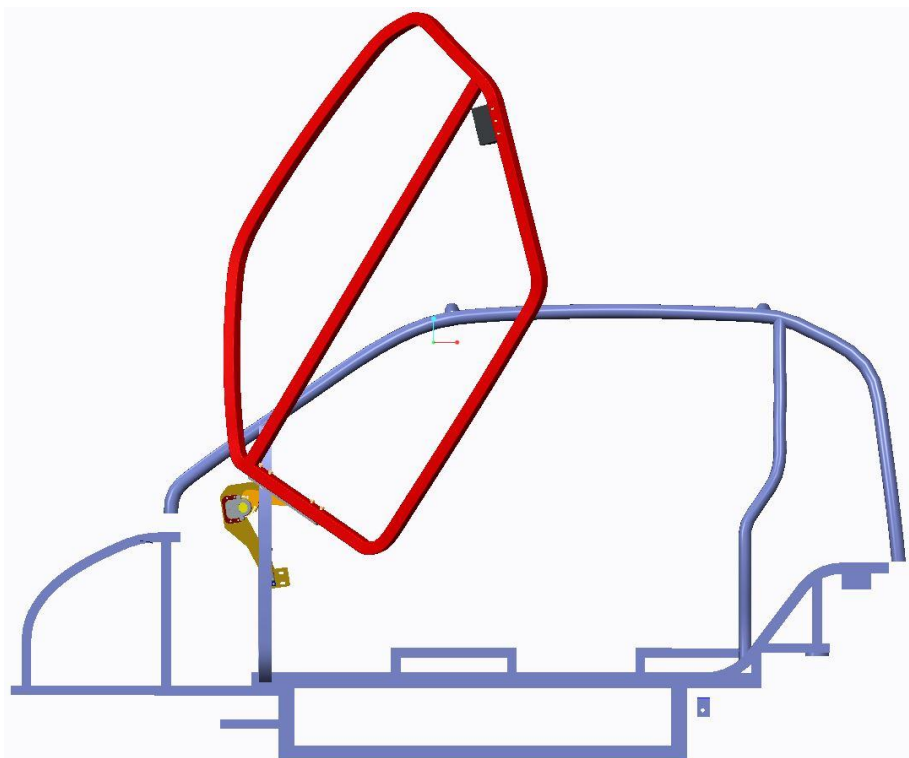
Příloha P2



a) Bokorys rámu s dveřmi (dveře otevřené pouze horizontálně)



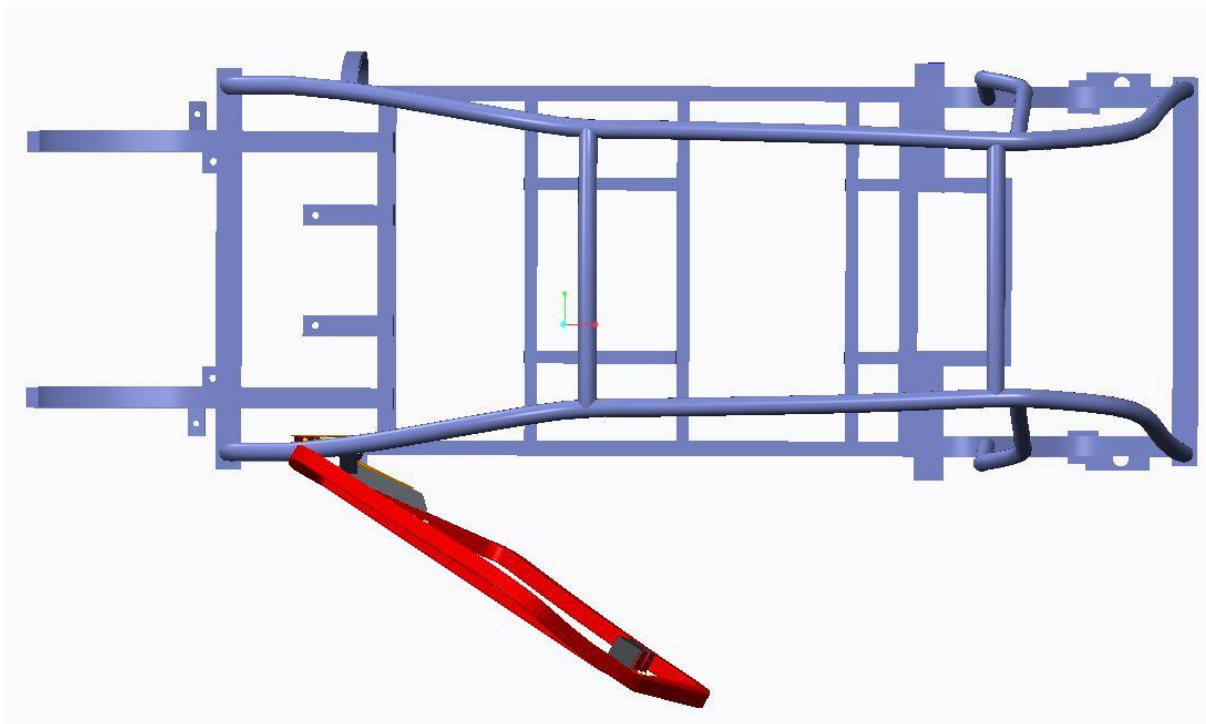
b) Půdorys rámu s dveřmi (dveře otevřené pouze horizontálně)



c) Bokorys rámu s dveřmi (dveře otevřené horizontálně i vertikálně)



d) Nárys rámu s dveřmi (dveře otevřené horizontálně i vertikálně)



e) *Půdorys rámu s dveřmi (dveře otevřené horizontálně i vertikálně)*